

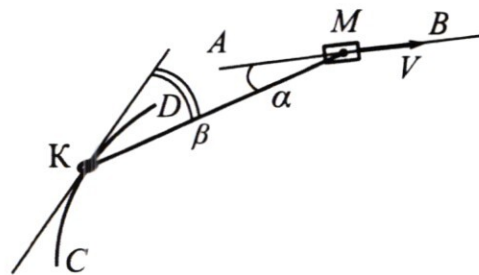
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



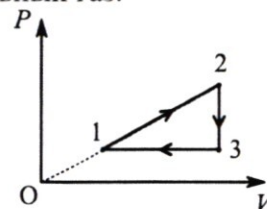
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

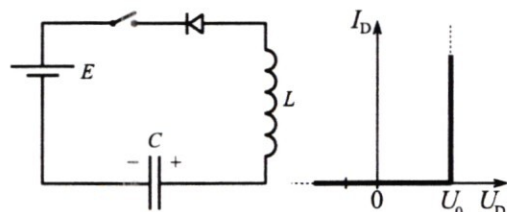
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

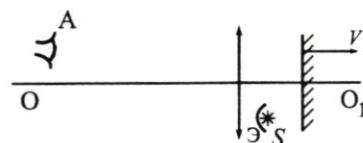


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① Дано: $V = 40 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$R = 1,7 \text{ м}$$

$$l = \frac{17R}{15}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}; \cos \beta = \frac{8}{17}$$

1) U - ? ; 2) $\vec{v}$ - ? ;
3) T - ?

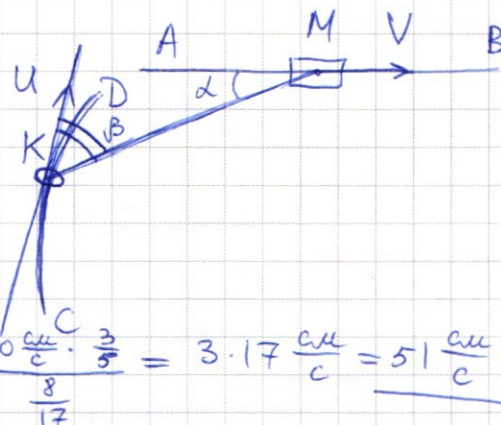
Решение:

1) трос движется как единое целое, поэтому:

$$V \cos \alpha = U \cos \beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$U = \frac{40 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = 3 \cdot 17 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$



2) перейдем в СО муфта. Тогда в этой

СО кольцо будет двигаться со скоростью $\vec{v}$ (см. рис.)

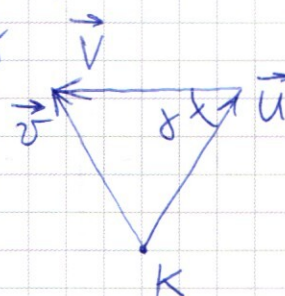
$$\gamma = \alpha + \beta; \vec{v} = \vec{V} + \vec{U}; v^2 = V^2 + U^2 - 2VU \cos \gamma$$

$$\cos \gamma = \cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$$

$$= \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} = -\frac{36}{85};$$

$$v^2 = (40 \frac{\text{см}}{\text{с}})^2 + (51 \frac{\text{см}}{\text{с}})^2 - 2 \cdot 40 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot 51 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{36}{85} =$$

$$= 1600 + 2601 + 1728 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} = 5929 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} \Rightarrow v = \sqrt{5929 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2}} = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

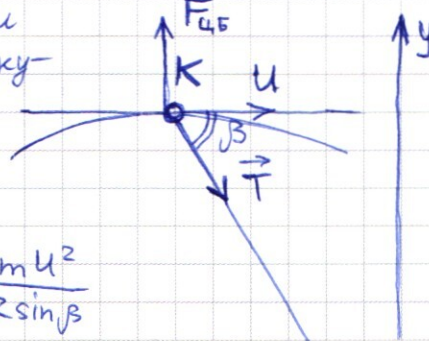


3) на кольцо действуют центробеж. сила и сила натяж. нити. Введем ось Oy , перпендикулярную скорости кольца в данный момент и лежащую в одной гориз. плоскости с дугой.

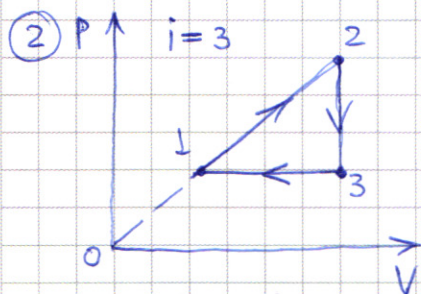
$$\text{Тогда на } Oy: F_{\text{цб}} - T \sin \beta = 0$$

$$F_{\text{цб}} = ma = m \frac{U^2}{R} \Rightarrow T \sin \beta = m \frac{U^2}{R} \Rightarrow T = \frac{m U^2}{R \sin \beta}$$

$$T = \frac{1 \text{ кг} \cdot (0,51 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{1,7 \text{ м} \cdot \frac{15}{17}} = 0,1734 \text{ Н}$$



Ответ: 1) $51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; 2) $77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; 3) $0,1734 \text{ Н}$



1) проведем семейство изотерм, убеждаемся, что повышение температуры происходит на участках 2-3 и 3-1.

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} - ? \quad 2-3 - \text{изохорный процесс} \Rightarrow \\ \Rightarrow C = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R;$$

$$3-1 - \text{изобарный процесс} \Rightarrow C = \frac{i+2}{2} R = \frac{5}{2} R; \quad \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{2} R \cdot \frac{2}{5R} = \frac{3}{5} = 0,6$$

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} - ? \quad A_{12} = \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_1 V_1$ (из графика); из ур. М-Ж.:

$$pV = \nu RT \Rightarrow A_{12} = \frac{1}{2} \nu R T_2 - \frac{1}{2} \nu R T_1 = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1);$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}, \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow Q_{12} = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \\ + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = 2 \nu R (T_2 - T_1); \quad \frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \nu R (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)} = 4$$

3) $\eta = \frac{A}{Q_n} \quad A = \frac{1}{2} (p_2 - p_3) (V_3 - V_1)$ (из графика)

$Q_n = Q_{12}$, т.к. только на участке 1-2 газ получает кин-во теп.

$$Q_n = 2 \nu R (T_2 - T_1) = 2 (p_2 V_2 - p_1 V_1); \quad A = \frac{1}{2} (p_2 - p_3) (V_3 - V_1) = \\ = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_2 V_1 - p_1 V_2 + p_1 V_1);$$

на ур. 1-2 $p = \alpha V \Rightarrow p_1 = \alpha V_1, p_2 = \alpha V_2;$

$$Q_n = 2 (\alpha V_2^2 - \alpha V_1^2) = 2 \alpha (V_2 - V_1) (V_2 + V_1);$$

$$A = \frac{1}{2} (\alpha V_2^2 - 2 \alpha V_1 V_2 + \alpha V_1^2) = \frac{\alpha}{2} (V_2 - V_1)^2;$$

$$\eta = \frac{A}{Q_n} = \frac{\frac{\alpha}{2} (V_2 - V_1)^2}{2 \alpha (V_2 - V_1) (V_2 + V_1)} = \frac{V_2 - V_1}{4 (V_2 + V_1)} = \frac{\frac{V_2}{V_1} - 1}{4 (\frac{V_2}{V_1} + 1)}; \quad \text{пусть } \frac{V_2}{V_1} = x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{x-1}{4(x+1)} = \frac{x-1}{4x+4} = \frac{1}{4} - \frac{2}{4x+4} \Rightarrow \eta_{\max} = \frac{1}{4} \quad \text{при } x \rightarrow +\infty.$$

Ответ: 1) 0,6; 2) 4; 3) $\frac{1}{4}$ (25%)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

③ Дано: $d; V_1$;
 $\frac{q}{m} = \gamma$
 1) $T = ?$; 2) $U = ?$;
 3) $V_0 = ?$

Решение: т.к. полож. заряд. частица остановилась, значит она влетела через отриц. заряд. обкладку.

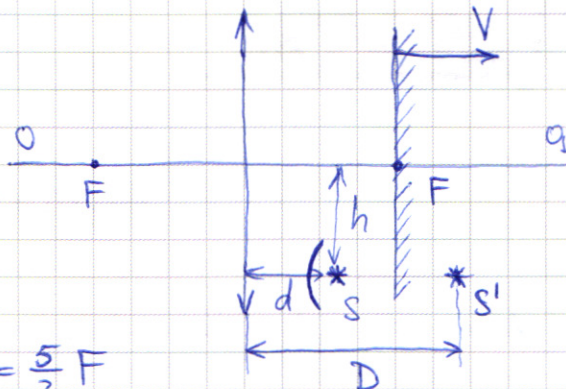
1) На частицу действовала F_3 .
 $F_3 = ma = qE = m\gamma E \Rightarrow a = \gamma E$;
 пусть s , пройденный частицей, равен: $s = d - 0,2d = 0,8d$;
 $s = V_1 T - \frac{aT^2}{2} = V_1 T - \frac{\gamma E T^2}{2}$;
 $0 = V_1 - aT \Rightarrow a = \frac{V_1}{T} = \gamma E \Rightarrow E = \frac{V_1}{\gamma T} \Rightarrow s = V_1 T - \frac{\gamma T^2 \cdot V_1}{2 \cdot \gamma T} =$
 $= \frac{V_1 T}{2} \Rightarrow \frac{V_1 T}{2} = 0,8d \Rightarrow T = \frac{1,6d}{V_1} = \frac{8}{5} \cdot \frac{d}{V_1}$
 2) $U = Ed$; $E = \frac{V_1}{\gamma T} = \frac{V_1}{\gamma} \cdot \frac{V_1}{1,6d} = \frac{V_1^2}{1,6d\gamma} \Rightarrow U = \frac{V_1^2}{1,6d\gamma} \cdot d = \frac{V_1^2}{1,6\gamma} = \frac{5}{8} \cdot \frac{V_1^2}{\gamma}$
 3) на бесконечности частица имеет только кинетич. энергию $\frac{mV_0^2}{2}$; попадая в конденсатор, частица ~~выбывает~~ тормозит до точки на расст. $0,2d$ ~~заряд~~ летит к отриц. заряд. обкладке, ускоряясь. Все это время действует на частицу F_3 .
 Работа F_3 : $A_3 = F_3 \cdot 0,8d = m\gamma E \cdot 0,8d = m\gamma \cdot \frac{0,8}{1,6d\gamma} \cdot d \cdot \frac{V_1^2}{1,6\gamma} = mV_1^2 \cdot \frac{1}{2}$.
 ЗСЭ: $E_k = A_3 \Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} \Rightarrow V_0 = V_1$
 Ответ: 1) $\frac{8d}{5V_1}$; 2) $\frac{5V_1^2}{8\gamma}$; 3) $V_0 = V_1$

5) Дано: F ; $h = \frac{8F}{15}$; Решение:

$$d = \frac{F}{3}; V$$

1) f -?; 2) α -?;
3) U -?

1) S' -изображение источника S .
 S' будет источником для линзы.



$$D = F + (F - d) = F + \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{D} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{DF}{D-F} = \frac{5F^2}{3} \cdot \frac{3}{2F} = \frac{5}{2}F$$

2) Изображение S' будет двигаться со скоростью $2V$ по линзе, параллельной оси OO_1 . Значит изображение S'' будет двигаться по линзе проходя через фокус (см. рис.)

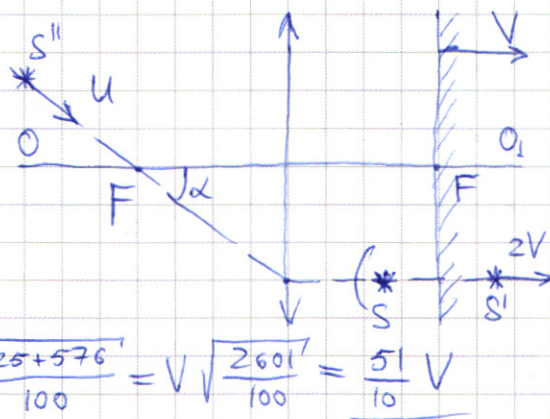
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{F} = \frac{8F}{15F} = \frac{8}{15}$$

$$3) U_{||} = \Gamma^2 \cdot 2V \quad \Gamma = \frac{f}{D} = \frac{\frac{5}{2}F}{\frac{5}{3}F} = \frac{3}{2}$$

$$U_{||} = \frac{9}{4} \cdot 2V = \frac{9}{2}V;$$

$$U_{\perp} = U_{||} \operatorname{tg} \alpha = \frac{9}{2}V \cdot \frac{8}{15} = \frac{12}{5}V$$

$$U = \sqrt{U_{||}^2 + U_{\perp}^2} = \sqrt{\frac{81}{4}V^2 + \frac{144}{25}V^2} = V \sqrt{\frac{2025+576}{100}} = V \sqrt{\frac{2601}{100}} = \frac{51}{10}V$$



Ответ: 1) $\frac{5}{2}F$; 2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}$; 3) $\frac{51}{10}V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

④ Дано: $\mathcal{E} = 3\text{В}$

$C = 20\text{мкФ}$; $U_1 = 6\text{В}$

$L = 0,2\text{Гн}$; $U_0 = 1\text{В}$

1) N - ? ; 2) I_{max} - ? ;

3) U_2 - ?

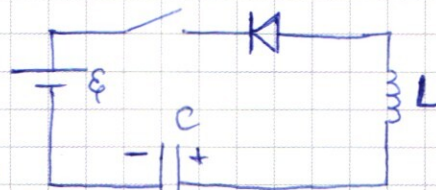
Решение:

$$1) N = \frac{dI}{dt};$$

сразу после замыкания:

$$U_1 - \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{ис}} = L \frac{dI}{dt} = LN \Rightarrow N = \frac{U_1 - \mathcal{E}}{L};$$

$$N = \frac{6\text{В} - 3\text{В}}{0,2\text{Гн}} = 15 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

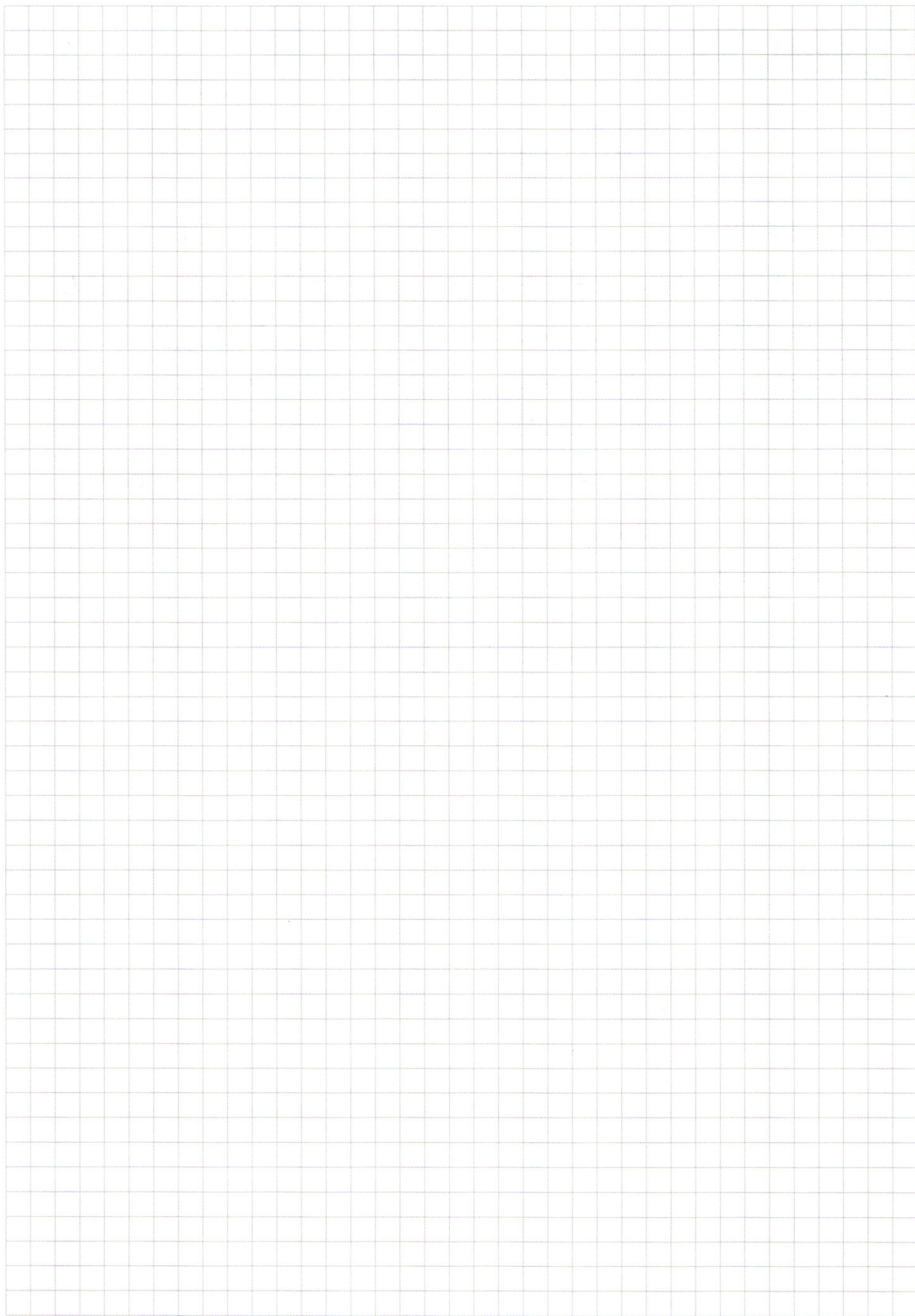


$$2) \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} = \frac{CU_1^2}{2} \Rightarrow I_{\text{max}} = U_1 \sqrt{\frac{C}{L}} \quad I_{\text{max}} = 6\text{В} \cdot \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}\text{Ф}}{0,2\text{Гн}}} = 0,06\text{А}$$

3) т. к. система установилась, тока в цепи нет. $\mathcal{E} > U_0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = U_2 = 3\text{В}$$

Ответ: 1) $15 \frac{\text{А}}{\text{с}}$; 2) $0,06\text{А}$; 3) 3В



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on graph paper:

1.
$$\eta = \frac{Q}{A} = \frac{2VR(T_2 - T_1)}{\frac{1}{2}(P_2 - P_3)(V_3 - V_1)} = \frac{2(P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\frac{1}{2}(P_2 V_3 - P_2 V_1 - P_1 V_3 + P_1 V_1)} = \frac{4(P_2 V_2 - P_1 V_1)}{P_2 V_3 - P_2 V_1 - P_1 V_3 + P_1 V_1}$$

2.
$$\eta = \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} = \frac{\frac{P_2}{P_1} - 1}{\frac{P_2}{P_1} + 1} = \frac{x - 1}{x + 1}$$

3.
$$\eta = \frac{4(x+1) - 4(x-1)}{16(x+1)^2} = \frac{8}{16(x+1)^2} = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

4.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

5.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

6.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

7.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

8.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

9.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

10.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

11.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

12.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

13.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

14.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

15.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

16.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

17.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

18.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

19.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

20.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

21.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

22.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

23.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

24.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

25.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

26.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

27.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

28.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

29.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

30.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

31.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

32.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

33.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

34.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

35.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

36.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

37.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

38.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

39.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

40.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

41.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

42.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

43.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

44.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

45.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

46.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

47.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

48.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

49.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

50.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

51.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

52.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

53.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

54.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

55.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

56.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

57.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

58.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

59.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

60.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

61.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

62.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

63.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

64.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

65.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

66.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

67.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

68.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

69.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

70.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

71.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

72.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

73.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

74.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

75.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

76.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

77.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

78.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

79.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

80.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

81.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

82.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

83.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

84.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

85.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

86.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

87.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

88.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

89.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

90.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

91.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

92.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

93.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

94.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

95.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

96.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

97.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

98.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

99.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$

100.
$$\eta = \frac{1}{2(x+1)^2}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

